



Reel Parameters Adjustment during Mechanical Harvest of Rice in Cuban Conditions

Ajuste de los parámetros del molinete durante la cosecha mecanizada del arroz en Cuba

Ing. Dayana Torres Sotolongo; Dr.Cs. Arturo Martínez Rodríguez

Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

ABSTRACT. According to international experience, grain losses due to poor regulation of the reel have a significant weight (approximately between 33 and 73%) within the total losses attributable to the rice harvesters, being able to reach up to 23% of the total harvested product. The national practice of regulating the windlass during the mechanized harvesting of rice does not include the application of scientific principles that are established internationally in the theory of agricultural machinery. Consequently, it is necessary to carry out studies where these concepts are applied, to perfect the harvesting process, minimizing the losses attributable to poor regulation of this body of work. These conceptual models were applied and computerized programmed. As input data they were taken: the construction, exploitation and regulation parameters of the windlass of the combined Claas-Crop Tiger 30, used in production conditions (Agro industrial Grain Company of Amarillas locality, Matanzas province) and the properties of the harvested crop (*Oriza sativa*, variety “Reforma”). As a result, it was determined that, most of the requirements for good windmill exploitation are not met. Correction of exploitation and regulation parameters is proposed to minimize the losses attributable to the action of this body of work.

Keywords: Mechanized harvesting, losses, regulation, *Oriza sativa*.

RESUMEN. De acuerdo a la experiencia internacional, las pérdidas de granos debido a una deficiente regulación del molinete, presentan un peso importante (aproximadamente entre 33 y 73%) dentro de las pérdidas totales achacables a las máquinas cosechadoras de arroz, pudiendo alcanzar hasta un 23% del total del producto cosechado. La práctica nacional de regulación del molinete durante la cosecha mecanizada del arroz, no incluye la aplicación de principios científicos que están establecidos internacionalmente en la teoría de máquinas agrícolas, por lo que se hace necesario efectuar estudios donde se apliquen estos conceptos, de manera de perfeccionar el proceso de cosecha, minimizando las pérdidas achacables a una mala regulación de este órgano de trabajo.

Como resultado de la aplicación y programación computarizada de estos modelos conceptuales, y tomando como datos de entrada los parámetros constructivos, de operación y de regulación del molinete de la combinada Claas-Crop Tiger 30, empleados en condiciones de producción (Empresa Agroindustrial de Granos de la localidad de Amarillas, provincia de Matanzas) y las propiedades del cultivo cosechado (*Oriza sativa*, variedad “Reforma”) se determinó que no se satisface la mayor parte de los requisitos exigidos para un buen funcionamiento del molinete, proponiéndose la corrección de los principales parámetros de operación y regulación, con vistas a minimizar las pérdidas achacables a la acción de este órgano de trabajo.

Palabras clave: cosecha mecanizada, pérdidas, regulación, *Oriza sativa*.

INTRODUCTION

Rice is the staple food of more than half of the world's population. FAO forecasts that by 2030 grain demand will be 38% higher than the volume produced at the end of the 20th century (Grogg, 2005).

INTRODUCCIÓN

El arroz es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial. La FAO prevé que para 2030 la demanda del grano será un 38% mayor que el volumen producido a finales del siglo XX (Grogg, 2005).

In Cuba, rice is part of the basic diet of the population, with an annual per capita consumption of 72 kg, ranking among the top places in Latin America, however, national production only satisfies a little more than 50% of the demand. Consequently, the country is forced to allocate large sums to the importation of this item (González, 2011; Polón-Pérez et al., 2012). Rice production in Cuba has a high degree of mechanization. The machinery that participates in the rice harvest belongs to a certain Agroindustrial Grains Company (EAIG) and is grouped in mechanized complexes, which in turn make up the productive links of the harvest, an aspect that allows obtaining a better attention to the organizational, technical and technological problems that arise during the production process. The structure and composition of the productive link of the crop is one of the fundamental aspects that determine the efficiency of the technological process of the rice harvest (Morejón, 2015).

In addition to the organizational aspects of the process, it is necessary, to minimize losses, to ensure an effective exploitation of the machines, which presents as a starting point, an adequate regulation of their working organs. The theoretical treatment of the windlass action in the grain harvesters and their interrelation with the other working organs of the cutting platform (the cutting organ and the clustering organ of the spikes), has been treated by different authors (Turbin, 1969; Klionin, 1970). It has been established in the study curricula of mechanizing engineers in a number of countries, including Cuba (Martínez y Para-García (1976), y Silveira (1982). However, in the country, due to different causes, these theoretical concepts are not applied during the regulation of the windlass, losing opportunities to influence in the reduction of losses. Generally, the regulations are made following recommendations of the machine manufacturers, to which practical criteria are added, but scientific criteria are rarely applied in this regard. The recommendations given by the manufacturers can be relatively effective, although never precise, since they do not take into account, of course, the particular characteristics of each of the harvested varieties or the specific conditions under which the harvest takes place. All that conspires against the goal of minimizing losses. In Cuba, researches have been carried out aimed at increasing the effectiveness of the mechanized rice harvest (Miranda-Caballero et al., 2006; Matos et al., 2010; Morejón, 2015), however, they have been aimed at optimizing organizational aspects of the process, not including the adjustment of the regulation parameters of the working organs aimed at reducing losses. Also, no studies have been reported that provide data on the losses caused during the mechanized harvest of the grain, as well as the relative weight of the different working organs of the machines in the production of such losses.

According to De la Calle (2006), during the mechanized harvesting of rice or any other cereal with combine harvesters, improper regulation of the different working organs of the machine can lead to different types of losses in the form of loose grains of the cereal. Such losses, according to this author, can be caused by:

En Cuba, el arroz forma parte de la dieta básica de la población con un consumo per cápita anual de 72 kg, colocándose entre los primeros lugares de América Latina, sin embargo, la producción nacional sólo satisface un poco más del 50% de la demanda, por lo que el país se ve obligado a destinar cuantiosas sumas a la importación de este renglón (González, 2011; Polón-Pérez et al., 2012).

La producción de arroz en Cuba presenta un alto grado de mecanización. La maquinaria que participa en la cosecha de arroz, pertenece a una determinada Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) y se agrupa en complejos mecanizados, que a su vez conforman los eslabones productivos de la cosecha, aspecto que permite lograr una mejor atención a los problemas organizativos, técnicos y tecnológicos que surjan durante el proceso productivo. La estructura y composición del eslabón productivo de cosecha es uno de los aspectos fundamentales que predeterminan la eficiencia del proceso tecnológico de la cosecha del arroz (Morejón, 2015).

Además de los aspectos organizativos del proceso, se hace necesario, con vistas a minimizar las pérdidas, garantizar una operación efectiva de las máquinas, lo cual presenta como punto de partida una regulación adecuada de sus órganos de trabajo.

El tratamiento teórico de la acción del molinete en las cosechadoras de granos y su interrelación con los otros órganos de trabajo de la plataforma de corte (el órgano de corte y el órgano de agrupamiento de las espigas) ha sido tratado por diferentes autores (Turbin, 1969; Klionin, 1970), y establecida en los currículos de estudio de los ingenieros mecanizadores en un sinnúmero de países, incluyendo Cuba tales como Martínez y Para-García (1976), y Silveira (1982). Sin embargo, en el país, por diversas causas, no se aplican estos conceptos teóricos durante la regulación del molinete, perdiéndose oportunidades de incidir, con la aplicación de estos conceptos científico-técnicos, en la reducción de las pérdidas.

Por lo general, las regulaciones se efectúan siguiendo recomendaciones de los fabricantes de las máquinas, a lo que se añaden criterios prácticos, pero raramente, para no ser absolutos, se aplican criterios científicos al respecto. Las recomendaciones dadas por los fabricantes pueden ser relativamente efectivas, aunque nunca precisas, ya que no consideran, lo cual es lógico, las características particulares de cada una de las variedades objeto de cosecha ni las condiciones específicas en las que se realiza la cosecha, todo lo cual conspira contra el objetivo de minimizar las pérdidas.

En Cuba se han efectuado investigaciones dirigidas al incremento de la efectividad de la cosecha mecanizada del arroz (Miranda-Caballero et al., 2006; Matos et al., 2010; Morejón, 2015), sin embargo, las mismas han estado dirigidas a la optimización de aspectos organizativos del proceso, no incluyendo el ajuste de los parámetros de regulación de los órganos de trabajo dirigido a la disminución de las pérdidas. Asimismo, no han sido reportados estudios que brinden datos sobre las pérdidas ocasionadas durante la cosecha mecanizada del grano, así como del peso relativo de los diferentes órganos de trabajo de las máquinas en la producción de dichas pérdidas.

Según de la Calle (2006), durante la cosecha mecanizada del arroz o de cualquier otro cereal con máquinas cosechadoras, una inapropiada regulación de los diferentes órganos de trabajo de la máquina puede acarrear diferentes tipos de pérdidas en forma de granos sueltos del cereal. Dichas pérdidas, según este autor, pueden ser ocasionadas:

- Poor regulation of the reel during cutting;
- Low speed in shakers or because they are dirty;
- For threshing elements, excessive feeding when the machine moves too fast or because the cutting height is too low;
- In the cleaning elements, excessive fan speed, whose air current draws grains in addition to the straw.

The losses are not always the product of the harvester's work, they can also be natural, also called pre-harvest. Research carried out in other countries Pozzolo *et al.* (1998), & Hidalgo *et al.* (2001), report the need to reduce the levels of losses attributable to improper regulation of the machines. Pozzolo *et al.* (1998), report that losses in the rice harvest in Argentina are significant, with values that exceed 180 kg/ha on average, with variations of more than 50% between machines. At present, according to these authors, it is estimated that total losses should not exceed 140 kg / ha, regardless of crop yield. They also state that, the only tool available to guarantee that the harvester is set up, to both, the producer and the contractor, is to evaluate the crop losses. Knowing the value of the losses will not only allow the certainty of being inside of the limits that characterize good work, but also, if they exceed them, to detect the sources of such losses for correction. In addition, according to Ochoa & Verdecia (2002), it must always be taken into account that the value of real losses is the only thing that allows adjusting the loss sensor systems with which many of the current harvesters are equipped.

Aristizabal *et al.* (1999), in Colombia, report that of a total loss of 11.9% in the mechanized rice harvest, 4% corresponds to the cut-off section, 6.7% to the threshing unit and 1.2% to the cleaning unit. According to Ferreira *et al.* (2001), losses in agriculture begin when agricultural equipment is selected and used, and when prepared and operated incorrectly, will never be efficient.

It is known that the conditions of the crop change during the harvest period, due to which the adjustments to the combined harvesters must be changed frequently if a good yield is to be achieved, which includes the losses of harvested product. According to Ferreira *et al.* (2001) these adjustments are not usually made by the producers and operators of combined, which increases harvest losses to high levels, representing up to 10% on average in Brazil. According to the Brazilian standard NBR 9740: 1987, crop losses should not exceed 3%. Alonso *et al.* (1999), during the irrigated rice crop in an area of 1 000 ha in the region of São Gabriel, State of Rio Grande do Sul (Brazil), observed average losses of around 12.5%, fluctuating between 4.5 and 23%. The objective of that work was to minimize crop losses through frequent monitoring and adjustment of the combined according to changes in crop conditions. Andrews *et al.* (1993) determined losses during the rice harvest under irrigation in the United States of America, ranging from 120 kg / ha to 1380 kg / ha, concluding that the main factor contributing to these losses was the feeding regime, followed by the grain / straw ratio. Pozzolo y Ferrari (2007), reported that a group of combine

- Durante el corte, por una mala regulación del molinete;
- En los sacudidores, por poca velocidad de los mismos o porque están sucios;
- En los elementos de trilla, por una alimentación excesiva cuando la máquina avanza demasiado rápido o porque la altura del corte sea demasiado baja;
- En los elementos de limpia, por una excesiva velocidad del ventilador, cuya corriente de aire arrastra granos además de la paja.

Las pérdidas no siempre son producto de la labor de la cosechadora, también pueden ser naturales, también llamadas de precosecha.

Investigaciones realizadas en otros países por Pozzolo *et al.* (1998), e Hidalgo *et al.* (2001), reportan la necesidad de disminuir los niveles de pérdidas achacables a una inapropiada regulación de las máquinas. Pozzolo *et al.* (1998), reporta que las pérdidas en la cosecha de arroz en Argentina son importantes, encontrándose en promedio valores que superan los 180 kg/ha con variaciones de más del 50% entre equipos. En la actualidad, según este autor, se estima que las pérdidas totales no deberían superar los 140 kg/ha, independientemente del rendimiento del cultivo.

Asimismo plantea que la única herramienta con que cuenta tanto el productor como el contratista, para garantizar la puesta a punto de la cosechadora, es evaluar las pérdidas de cosecha y que el conocer el valor de las pérdidas permitirá no solo tener la certeza de estar dentro de los límites que caracterizan un buen trabajo, sino también, en caso de superarlos, detectar las fuentes de dichas pérdidas para su corrección. Además según Ochoa y Verdecia (2002), siempre se debe tener en cuenta que el valor de pérdidas reales es lo único que permite ajustar los sistemas de sensores de pérdidas con los que vienen equipadas muchas de las cosechadoras actuales.

Aristizabal *et al.* (1999), en Colombia, reporta que de un total de pérdidas ascendente al 11,9% en la cosecha mecanizada del arroz, el 4% corresponde a la sección de corte recepción, el 6,7% a la unidad de trilla y el 1,2% a la unidad de limpieza.

Según Ferreira *et al.* (2001), las pérdidas en la agricultura comienzan en el momento que se seleccionan y utilizan los equipos agrícolas y cuando se preparan y operan incorrectamente, nunca serán eficientes.

Es conocido que las condiciones del cultivo cambian durante el período de cosecha, debido a lo cual los ajustes a las combinadas cosechadoras deben ser cambiados con frecuencia si se pretende alcanzar un buen rendimiento, en el que se incluyen las pérdidas de producto cosechado.

Según Ferreira *et al.* (2001), estos ajustes no son efectuados usualmente por los productores y operadores de combinadas, lo que incrementa las pérdidas de cosecha hasta altos niveles, representando hasta el 10% como promedio en Brasil.

Según la norma brasileña NBR 9740: 1987, las pérdidas de cosecha no deben sobrepasar el 3%.

Alonso *et al.* (1999), durante la cosecha de arroz de regadío en una extensión de 1 000 ha en la región de São Gabriel, Estado Rio Grande do Sul, Brasil, observaron unas pérdidas promedio de alrededor del 12,5%, oscilando entre 4,5 y 23%. El objetivo de este trabajo consistía en reducir al mínimo las pérdidas de cosecha a través del monitoreo y ajuste frecuente de las combinadas de acuerdo a los cambios en las condiciones del cultivo.

Andrews *et al.* (1993), determinaron pérdidas durante la cosecha de arroz bajo irrigación en Estados Unidos de América, que oscilaron entre 120 kg/ha y 1 380 kg/ha, concluyendo que el principal factor que contribuyó a estas pérdidas fue el régimen de alimentación, seguido por la relación grano/paja.

harvesters evaluated in Uruguay during the rice harvest had a mean loss of 226 kg / ha, with a maximum of 745 kg / ha and a minimum of 106 kg / ha. The main problems encountered, in decreasing form were: excessive winding speed, poor cylinder-concave adjustment, incorrect cutting height and excessive forward speed. Subsequent to the respective regulations, the same harvesters showed an average loss of 90.2 kg/ha, with a maximum of 110 kg/ha and a minimum of 72 kg/ha. The average yield of the crop was 7 600 kg/ha. Platero (1992), during the evaluation of 12 rice harvesters with yields between 5.4 and 7.4 kg/ha, under Uruguay conditions, obtained average losses between 5.2 and 14.7% in two consecutive harvests. This author attributes these losses to the sum of different causes, such as the regulation of harvesters, the selection of the speed of advance and not paying due attention to the supervision of the machines. Da Silva *et al.* (1983), during experimentation in 15 000 ha of rice in the regions of Jatai and Mineiros (Brazil), showed that the average losses of 10 harvesters in the 1981/82 harvest were 238 kg / ha or 13%, with a variation from 6.1 to 22.2%. The main losses occurred on the platform with 73.2%.

As it can be seen, according to international experience, grain losses due to poor regulation of the reel have a significant weight (approximately 33-73%) within the total losses attributable to combine harvesters, which can reach up to a 23% of the total harvested product. On the other hand, the national practice of regulating the windlass during the mechanized harvesting of rice does not include the application of scientific principles that are established internationally in the theory of agricultural machinery. Therefore, it is necessary to carry out studies where these concepts are applied. In order to perfect the harvesting process, minimizing the losses attributable to poor regulation of this work organ, which is the objective of this work.

Theoretical Basis for Calculating Geometrical and Kinematic Parameters of the Reel

The reel, as a constitutive organ of the cutting-feed platform (Figure 1), leads the stems to the cutting apparatus, holds or supports them at the time of cutting and directs cut stems towards the feed system (generally by Auger screw) which groups the cut mass to be raised to the threshing mechanisms (Klionin, 1970; Martínez & Para-García, 1976; Silveira, 1982).

During the interaction of the reel with the mass of stems and with the other working members that make up the cutting-feeding platform of the grain harvesters (cutting organ and conveyor system of the cut mass), a set of geometrical and kinematics parameters, as well as physical-mechanical properties of stems, spikes and grains, which should be considered during their regulation. Among these parameters, the following are of particular importance:

- Radius of the reel blades, (R_m);
- Number of reel blades, (Z);
- Field yield, (Q , grains ton/ha);

Pozzolo y Ferrari (2007), reportaron que un grupo de máquinas cosechadoras evaluadas en el Uruguay durante la cosecha de arroz, presentó un promedio de pérdidas de 226 kg/ha, con un máximo de 745 kg/ha y un mínimo de 106 kg/ha. Los principales problemas encontrados, en forma decreciente fueron: excesiva velocidad del molinete, mal ajuste de cilindro-cóncavo, incorrecta altura de corte y excesiva velocidad de avance. Posterior a las respectivas regulaciones, las mismas cosechadoras evidenciaron un promedio de pérdida de 90,2 kg/ha, con un máximo de 110 kg/ha y un mínimo de 72 kg/ha. El rendimiento promedio del cultivo fue de 7 600 kg/ha.

Platero (1992), durante la evaluación de 12 máquinas cosechadoras de arroz con rendimientos entre 5.4 y 7.4 kg/ha, en las condiciones de Uruguay, obtuvo pérdidas promedio entre 5,2 y 14,7% en dos zafras consecutivas. Este autor achaca estas pérdidas a la suma de diferentes causas, tales como la regulación de las cosechadoras, la selección de la velocidad de avance y a no prestar la debida atención a la supervisión de las máquinas.

Da Silva *et al.* (1983), durante la experimentación en 15 000 ha de arroz en las regiones de Jatai y Mineiros (Brasil), plantean que las pérdidas promedio de 10 cosechadoras en la zafra 1981/82 fueron 238 kg/ha o un 13%, con una variación del 6,1 al 22,2%. Las pérdidas principales ocurrieron en la plataforma con 73,2%.

Como ha podido apreciarse, según la experiencia internacional, las pérdidas de granos debido a una deficiente regulación del molinete, presentan un peso importante (aproximadamente entre 33 y 73%) dentro de las pérdidas totales achacables a las máquinas cosechadoras, que pueden alcanzar hasta un 23% del total del producto cosechado.

Por otro lado, la práctica nacional de regulación del molinete durante la cosecha mecanizada del arroz, no incluye la aplicación de principios científicos que están establecidos internacionalmente en la teoría de máquinas agrícolas, por lo que se hace necesario efectuar estudios donde se apliquen estos conceptos, de manera de perfeccionar el proceso de cosecha, minimizando las pérdidas achacables a una mala regulación de este órgano de trabajo, lo cual constituye el objetivo del presente trabajo.

Fundamentación teórica del cálculo de los parámetros geométricos y cinemáticos del molinete

El molinete, como órgano constitutivo de la plataforma de corte-alimentación (Figura 1), conduce los tallos hacia el aparato de corte, los mantiene o sostiene en el momento del corte y dirige los tallos cortados hacia el sistema de alimentación (generalmente por tornillo sinfín) que agrupa la masa cortada para ser elevada a los mecanismos de trilla (Klionin, 1970; Martínez y Para-García, 1976; Silveira, 1982).

Durante la interacción del molinete con la masa de tallos y con los otros órganos de trabajo que componen la plataforma de corte-alimentación de las cosechadoras de cereales (órgano de corte y sistema de transportación de la masa cortada), intervienen un conjunto de parámetros geométricos y cinemáticos, así como de propiedades físico-mecánicas de los tallos, espigas y granos, que deben ser considerados durante su regulación. Entre esos parámetros, revisten una especial importancia los siguientes:

- Radio de las aspas del Molinete, (R_m);
- Número de aspas del molinete, (Z);
- Rendimiento del campo, (Q , t (granos)/ha);
- Composición grano-paja, (β , %);

- Grain-straw composition, (β , %);
- Machine travel speed, (V_m , m / s);
- Working width of the cutting front of the machine, (B);
- Machine processing capacity, (qr , kg/s of total mass);
- Angular speed of the reel, (ω);
- Unit travel of the reel, (Sm);
- Output of the reel, (c);
- Allowable beat speed, (V_{per});
- Intensity of the beating, (N_g , beats/m);
- Length of stems, (H_t);
- Installation height of the cutting bar, (H_{ins});
- Position of the center of gravity of the cut stem, (L_{cg});
- Height of the reel shaft, (H_{o1});
- Planting density (stems/ m^2);
- Kinematic regime indicator, (λ);
- Reel efficiency, (η);
- Velocidad de avance de la máquina, (V_m);
- Ancho de trabajo del frente de corte de la máquina, (B);
- Capacidad de procesamiento de la máquina, (qr , kg/s de masa total);
- Velocidad angular del molinete, (ω);
- Avance del molinete (Sm);
- Salida del molinete, (c);
- Velocidad permisible de golpeo, (V_{per});
- Intensidad del golpeo, (N_g , golpes/m);
- Longitud de los tallos, (H_t);
- Altura de instalación de la barra de corte, (H_{ins});
- Posición del centro de gravedad del tallo cortado, (L_{cg});
- Altura de colocación del eje del molinete, (H_{o1});
- Densidad de población, (tallos/ m^2);
- Indicador del régimen cinemático, (λ);
- Eficiencia del molinete, (η).

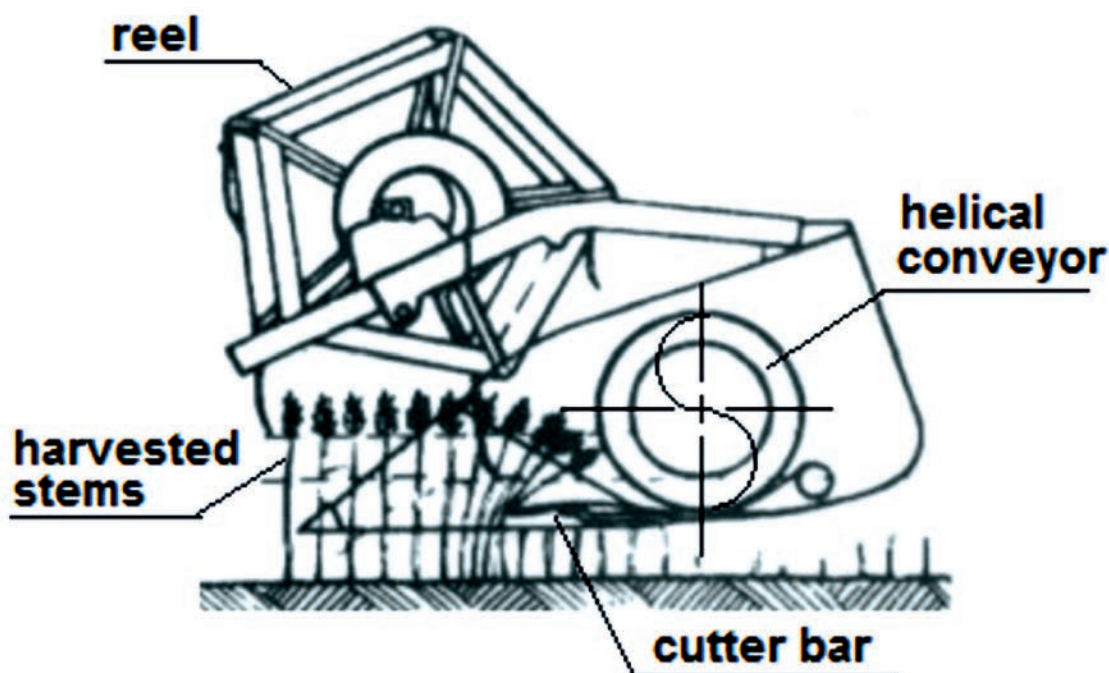


FIGURE 1. Reel as a Constituent Organ of the Cutting-Feed Platform
 FIGURA 1. El molinete como órgano constitutivo de la plataforma de corte-alimentación.

The efficient working of the reel, in its interaction with the stems, the cutting organ and the feeding system, depends on a group of requirements that must be strictly carried out, in order to guarantee the reduction of the losses attributable to this work organ. A first group of requirements is related to the trajectory of the furthest points of the reel blades.

First Requirement: Adequate Selection of the Reel Working Regime

The reel blades describe a cycloid path that forms the basis for efficient performance of its function as part of the cutting-feed platform. The shape of this trajectory and its functionality depend on the kinematic regime indicator (λ):

El trabajo eficiente del molinete, en su interacción con los tallos, el órgano de corte y el sistema de alimentación, depende de un grupo de requisitos que es necesario cumplir rigurosamente para garantizar la reducción de las pérdidas achacables a este órgano de trabajo.

Un primer grupo de requisitos está relacionado con la trayectoria de los puntos extremos de las aspas del molinete.

Primer requisito: Selección adecuada del régimen de trabajo del molinete

Las aspas del molinete describen una trayectoria cicloidal que constituye la base para el cumplimiento eficiente de su función como parte de la plataforma de corte-alimentación. La forma de esta trayectoria y su funcionalidad dependen del indicador del régimen cinemático (λ):

$$\lambda = \frac{V_t}{Vm} \quad 1$$

Where;

$V_t = \omega \cdot R_m$,

R_m , is the tangential velocity of the end of the reel blades, m/s;

ω , is the angular speed of the reel, rad/s;

R_m is the radius of the end of the reel blades, m;

V_m , is the travel speed of the machine, m/s.

The ends of the reel blades describe a cycloid trajectory, product of the combination of the translational movement of the machine and the rotational movement of the reel. This trajectory is expressed as a function of time (t) through the parametric equations:

$$\begin{aligned} x(t) &= Vmt + Rm \cos(\omega \cdot t) \\ y(t) &= -Rm \sin(\omega \cdot t) \end{aligned} \quad 2$$

where:

$x(t)$ and $y(t)$ are the coordinates of the reel path along the horizontal-longitudinal and vertical axes, respectively.

Figure 2 shows the three characteristic shapes assumed by the cycloid trajectory of the reel blades, depending on the value of the kinematic regime indicator λ . It can be seen that only when the reel describes a “closed” path, the function of approaching the stems to the cutting organ, holding them during cutting and directing them towards the helical conveyor, is fulfilled.

$$\lambda = \frac{V_t}{Vm} \quad 1$$

donde;

$V_t = \omega \cdot R_m$, es la velocidad angular del extremo de las aspas del molinete, m/s;

ω , es la velocidad angular del molinete, rad/s;

R_m , es el radio del extremo de las aspas del molinete, m;

V_m , es la velocidad de avance de la máquina, m/s.

Los puntos extremos de las aspas del molinete describen una trayectoria cicloidial, producto de la combinación del movimiento de traslación de la máquina con el movimiento rotacional del molinete. Esta trayectoria se expresa en función del tiempo (t) a través de las ecuaciones paramétricas:

$$\begin{aligned} x(t) &= Vmt + Rm \cos(\omega \cdot t) \\ y(t) &= -Rm \sin(\omega \cdot t) \end{aligned} \quad 2$$

donde :

$x(t)$ e $y(t)$ son las coordenadas de la trayectoria del molinete según los ejes horizontal-longitudinal y vertical respectivamente.

En la Figura 2 se muestran las tres formas características que asume la trayectoria cicloidial de las aspas del molinete en dependencia del valor del indicador del régimen cinemático λ , pudiéndose apreciar que sólo cuando $\lambda > 1$ el molinete describe una trayectoria “cerrada”, cumpliendo la función de acercar los tallos al órgano de corte, sostenerlos durante el corte y dirigirlos hacia el sinfin.

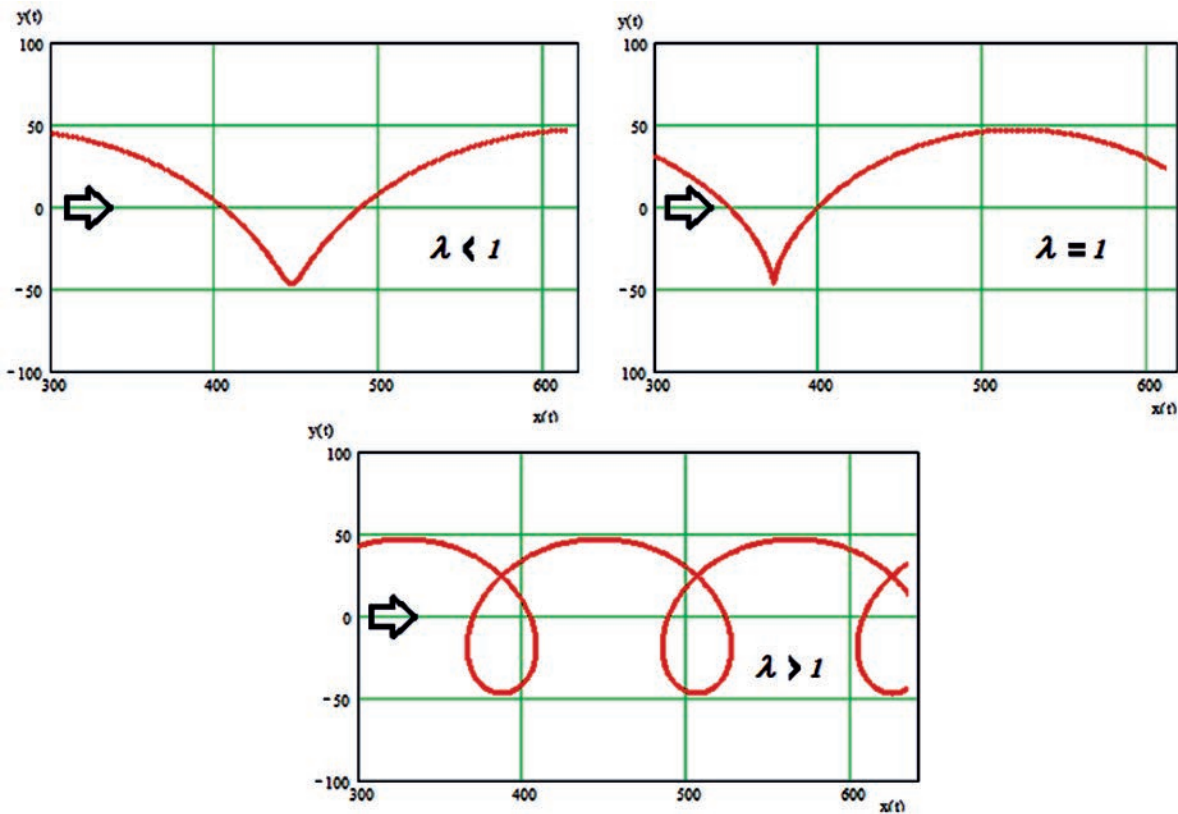


FIGURE 2. Characteristic Trajectories of the Reel Blades Ends
 FIGURA 2. Trayectorias características del extremo de las aspas del molinete.

Second Requirement: Adequate Selection of the Absolute Speed Direction of the Reel Blades Ends When Making the First Contact with the Spikes

In Figure 3 the vector diagram of velocities of the end point of the reel blades (a) is shown at the instant that beats the vegetable mass.

Segundo requisito: Selección adecuada de la dirección de la velocidad absoluta del extremo de las espigas del molinete cuando efectúa el primer contacto con las espigas

En la Figura 3 se muestra el diagrama vectorial de velocidades del punto extremo de las espigas del molinete (a) en el instante que incide en la masa vegetal.

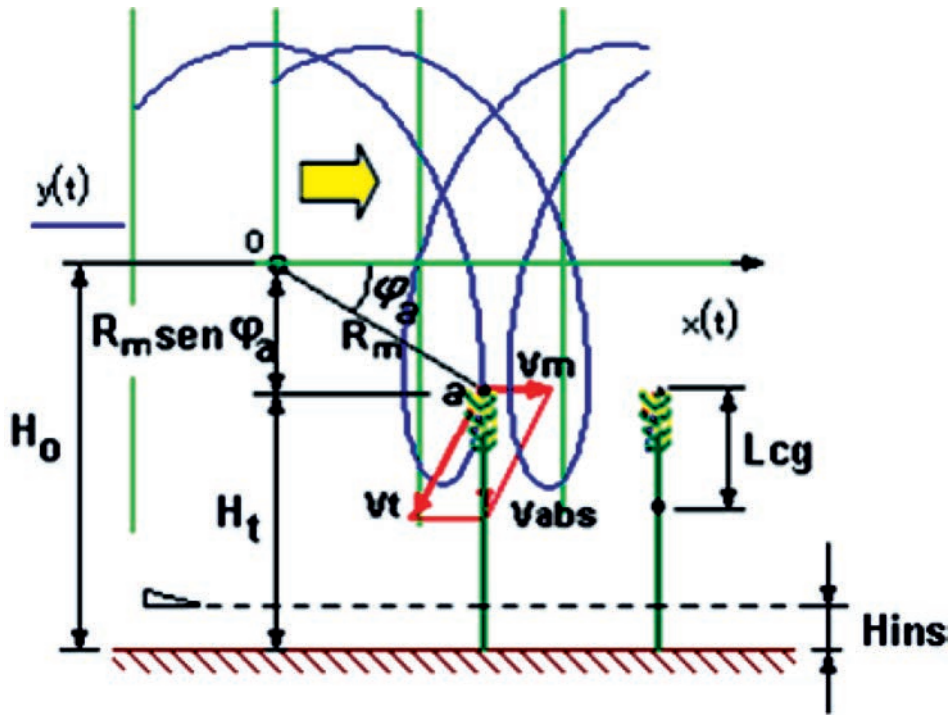


FIGURE 3. Proper Condition for the Reel Penetration in the Vegetable Mass
 FIGURA 3. Condición apropiada para la penetración del molinete en lamasa vegetal.

This second requirement is aimed at achieving the minimum scratch of the spikes during the penetration of the reel in the vegetable mass to minimize losses due to this concept. It is evident that the optimum penetration condition is achieved if the direction of the absolute velocity (V_{abs}) at point **a** is vertical and downward. Therefore, any deviation from this direction will lead to further trailing of the pins, increasing the probability of causing unnecessary peeling of grains that will not be collected and will increase the losses during the harvesting process. In achieving this condition, the kinematic regime indicator (λ) and the positioning height of the reel shaft (H_{01}) play a decisive role.

When the direction of the absolute velocity is directed vertically and downwards, the angle ϕ_a will be determined by:

$$\phi_a = \sin^{-1}\left(\frac{V_m}{V_t}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\lambda}\right) \quad 3$$

Then, the positioning height of the reel shaft (H_{01}) which will guarantee this condition will be given by:

$$H_{01} = H_t + R_m \cdot \sin\phi_a = H_t + R_m \cdot \left(\frac{1}{\lambda}\right) \quad 4$$

Este segundo requisito está dirigido a lograr el mínimo arrastre de las espigas durante la penetración del molinete en la masa vegetal, con vistas a minimizar las pérdidas por este concepto. Es evidente que la condición óptima de penetración se logra si la dirección de la velocidad absoluta (V_{abs}) en el punto **a** es vertical y hacia abajo, por lo que cualquier desviación de esta dirección, conducirá a un mayor arrastre de las espigas, incrementando la probabilidad de ocasionar un desprendimiento innecesario de granos que no serán recogidos y pasarán a engrosar las pérdidas durante el proceso de cosecha. En el logro de esta condición juegan un papel decisivo el indicador del régimen cinemático (λ) y la altura de colocación del eje del molinete (H_{01}).

Cuando la dirección de la velocidad absoluta está dirigida verticalmente y hacia abajo, el ángulo ϕ_a estará determinado por:

$$\phi_a = \sin^{-1}\left(\frac{V_m}{V_t}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{\lambda}\right) \quad 3$$

Entonces, la altura de colocación del eje del molinete (H_{01}) que garantizará esta condición estará dada por:

$$H_{01} = H_t + R_m \cdot \sin\phi_a = H_t + R_m \cdot \left(\frac{1}{\lambda}\right) \quad 4$$

Third Requirement: Adequate Selection of the Magnitude of the Speed and Frequency of Spikes Beating by the Reel Blades Ends

The probability of causing the spikes to be harvested during reel action increases if the magnitude of the absolute velocity of the blade end at point **a** (V_{abs}) exceeds a certain permissible value (V_{per}) depending on the harvested variety and the grains moisture at the time of harvest.

This condition is given by the expression:

$$V_{abs} = \sqrt{V_m^2 + V_t^2} < V_{per} \tag{5}$$

Spikes threshing also depends on the frequency of beating for each meter of machine advance (N_g , strokes / m), which is the inverse of the reel pass (S_z , m) which, in turn, depends on the advance of the machine (S_m , cm) for each turn of the reel:

$$S_m = Vm \cdot \frac{2\pi}{\omega} \tag{6}$$

$$S_z = \frac{S_m}{Z} = \frac{2 \cdot \pi}{Z \cdot \lambda} \cdot R_m \tag{7}$$

The beating frequency will be a function of the kinematic regime indicator (λ), the radius (R_m) and the number of blades (Z) of the reel:

$$N_g = \frac{Z \cdot \lambda}{2 \cdot \pi \cdot R_m} \tag{8}$$

Fourth Requirement: The Cut Stems Must Not Be Thrown Off the Cutting Platform, Due to Improper Action of the Reel

In order to comply with this requirement, it must be ensured that the lowest point of the trajectory of the reel blades ends must not pass below the center of gravity of the cut stems, which can be achieved by checking that the positioning reel height (H_{01}) is greater than the minimum height (H_{02}) which guarantees this condition.

From Figure 3 it can be determined that:

$$H_{02} = H_t + R_m - L_{cg} \tag{9}$$

If the positioning height of the reel shaft does not exceed this minimum value, then the cut stems could be thrown out of the technological flow of the cutting platform, increasing the losses by this concept.

Fifth Requirement: The Reel Must Support All Stems during the Action of the Cutting Organ

The fulfillment of this requirement is evaluated by a coefficient η , which expresses the efficiency of the joint action of the reel with the cutting organ, according to Turbin (1969), & Klionin (1970) Its proper selection ensures that all the stems are cut while are supported by the reel, avoiding that some of the

Tercer requisito: Selección adecuada de la magnitud de la velocidad y frecuencia de golpeo de las espigas por el extremo de las aspas del molinete

La probabilidad de ocasionar el desgrane de las espigas durante la acción del molinete se incrementa si la magnitud de la velocidad absoluta del extremo de las aspas en el punto **a** (V_{abs}) sobrepasa determinado valor permisible (V_{per}) que depende de la variedad cosechada y de la humedad de los granos al momento de la cosecha.

Esta condición está dada por la expresión:

$$V_{abs} = \sqrt{V_m^2 + V_t^2} < V_{per} \tag{5}$$

El desgrane de las espigas también depende de la frecuencia de golpeo por cada metro de avance de la máquina (N_g , golpes/m), el cual es el inverso del paso del molinete (S_z , m) que, a su vez, depende del avance de la máquina (S_m , cm) por cada vuelta del molinete:

$$S_m = Vm \cdot \frac{2\pi}{\omega} \tag{6}$$

$$S_z = \frac{S_m}{Z} = \frac{2 \cdot \pi}{Z \cdot \lambda} \cdot R_m \tag{7}$$

Entonces la frecuencia de golpeo quedará en función del indicador del régimen cinemático (λ), del radio (R_m) y del número de aspas (Z) del molinete:

$$N_g = \frac{Z \cdot \lambda}{2 \cdot \pi \cdot R_m} \tag{8}$$

Cuarto requisito: Los tallos cortados no deben ser lanzados fuera de la plataforma de corte, producto de la acción indebida del molinete

Para el cumplimiento de este requisito debe garantizarse que el punto más bajo de la trayectoria de los extremos de las aspas del molinete no debe pasar por debajo del centro de gravedad de los tallos cortados, lo cual puede lograrse comprobando que la altura de colocación del molinete (H_{01}) sea mayor que la altura mínima (H_{02}) que garantiza esta condición.

De la Figura 3 se puede determinar que:

$$H_{02} = H_t + R_m - L_{cg} \tag{9}$$

Si la altura de colocación del eje del molinete no sobrepasa este valor mínimo, entonces los tallos cortados pudieran ser lanzados fuera del flujo tecnológico de la plataforma de corte, incrementándose las pérdidas por este concepto.

Quinto requisito: La totalidad de los tallos deben ser apoyados por el molinete durante la acción del órgano de corte

El cumplimiento de este requisito se evalúa a través de un coeficiente η que expresa la eficiencia de la acción conjunta del molinete con el órgano de corte según Turbin (1969), y Klionin (1970), cuya selección apropiada garantiza que todos los tallos sean cortados mientras son apoyados por el molinete, evitando

stems, during the cutting process, follow an arbitrary course and fall off the platform, causing the increase of losses of complete spikes. Figure 4 shows a diagram of the joint action of the reel with the cutting organ. There it is observed the theoretical width (b) of the strip of stems that are cut under the joint action of the reel with the blades of cut

que parte de los tallos, durante el proceso de corte, sigan un curso arbitrario y caigan fuera de la plataforma, ocasionándose el incremento de las pérdidas de espigas completas.

En la Figura 4 se muestra un esquema de la acción conjunta del molinete con el órgano de corte, en la que se aprecia el ancho teórico (b) de la franja de tallos que son cortados bajo la acción conjunta del molinete con las cuchillas de corte.

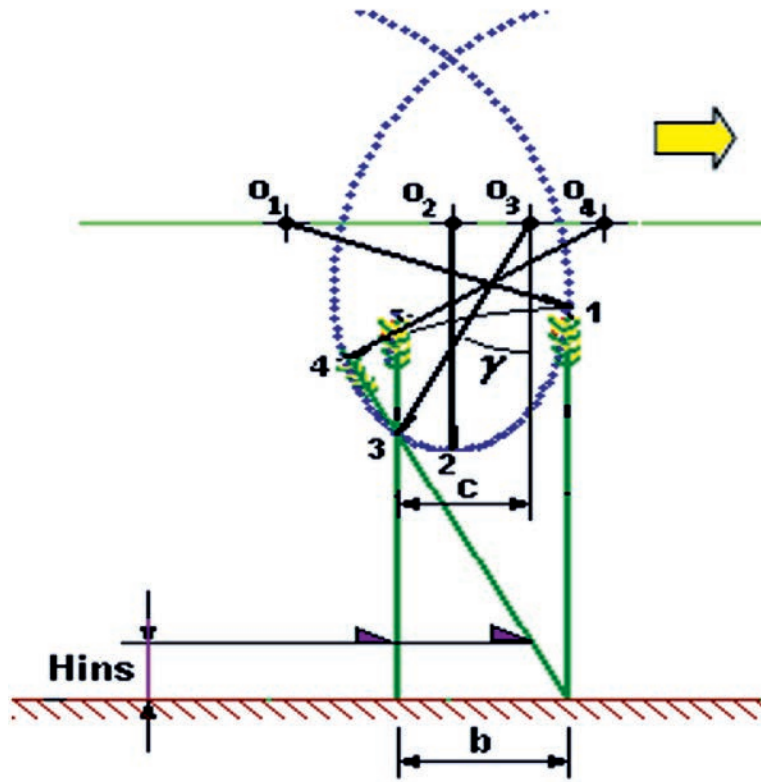


FIGURE 4. Joint Action of the Reel with the Cutting Organ
FIGURA 4. Acción conjunta del molinete con el órgano de corte.

The coefficient η is defined as:

$$\eta = \frac{b_r}{S_z} \quad 10$$

Where:

$b_r = b \cdot \epsilon$, is the actual or effective strip of stems that are cut under the joint action of the reel with the cutting blades; Being a coefficient that takes into account the mutual support between stems as a function of their population density (ρ , stems/m²).

According to the specialized literature Turbin (1969), & Klionin (1970) ϵ takes values between 1.0 and 1.7 according to the population density of stems, where higher values correspond to higher population density.

The width of the strip of stems (b, cm) that are cut under the propeller action of the reel is determined from Figure 4 as:

El coeficiente η se define como:

$$\eta = \frac{b_r}{S_z} \quad 10$$

donde:

$b_r = b \cdot \epsilon$, es la franja real o efectiva de tallos que son cortados bajo la acción conjunta del molinete con las cuchillas de corte; siendo ϵ : un coeficiente que tiene en cuenta el apoyo mutuo entre los tallos en función de su densidad de población (ρ , tallos/m²).

De acuerdo a la literatura especializada Turbin (1969), y Klionin (1970), ϵ toma valores entre 1,0 y 1,7 de acuerdo a la densidad de población de los tallos, donde los valores mayores corresponden a mayor densidad de población.

El ancho de la franja de tallos (b, cm) que son cortados bajo la acción de apoyo del molinete, se determina a partir de la Figura 4 como:

$$b = \frac{Rm}{\lambda} \cdot \left(\sqrt{\lambda^2 - 1} + a \sin\left(\frac{1}{\lambda}\right) + \lambda \cdot \sin(\gamma) - \frac{\pi}{2} - \gamma \right) \quad 11$$

When γ (rad) is the angle of the reel blade when the cut starts with supporting action of the reel (Figure 4):

$$\gamma = a \sin\left(\frac{c}{R_m}\right) \quad 12$$

Where:

c: output or advance of the reel shaft with respect to the cutting organ.

Thus, from expressions 7, 10, 11 and 12, it can be seen that, the efficiency of the joint action of the reel with the cutting organ depends on the dimensions of the reel (R_m and Z). It also depends on other adjustable parameters, such as the output of the reel (c) and the kinematic regime indicator (λ), which, in turn, is a function of the speed of the machine and of the reel rotation speed.

The optimal value of the coefficient η is 1, since when $\eta < 1$ all the stems are not supported by the reel during the cut, while for $\eta > 1$ the beating frequency is increased unnecessarily.

As has been seen, compliance with the different requirements that guarantee an efficient work of the reel with the minimum of losses depends on the adequate selection of a number of parameters, which makes it difficult to select them correctly, if it is not carried out on scientific basis. In order to facilitate the calculation and adequate selection of these parameters, the different expressions that govern the operation of the reel have been programmed in Mathcad support by Martínez (2008), using this software in the development of the present work, as well as other facilities that have been implemented in Excel spreadsheets.

Figure 5 shows the dependence of η and the kinematic regime indicator, for an output $c = 15$ cm, a radius of the reel $R_m = 47$ cm and a number of blades $Z = 5$, corresponding to the combined Claas Crop Tiger-30, object of study.

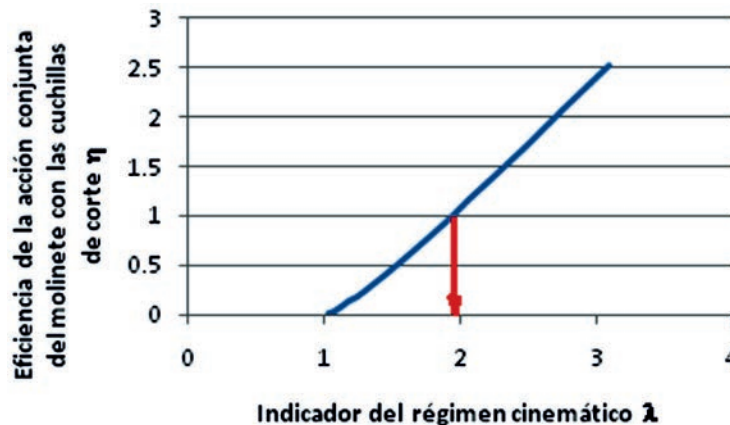


FIGURE 5. Influence of Kinematic Regime Indicator on Reel Efficiency
 FIGURA 5. Influencia del indicador del régimen cinemático sobre la eficiencia del molinete.

From Figure 5, it is seen that, for certain conditions, there is only one value of the kinematic regime indicator λ that satisfies the condition $\eta = 1$.

Likewise, for a given value of the tangential speed of the reel blades, the selection of the advance speed of the machine and

Siendo γ (rad) el ángulo del aspa del molinete en el momento en que comienza el corte con acción de apoyo del molinete (Figura 4):

$$\gamma = a \sin\left(\frac{c}{R_m}\right) \quad 12$$

donde:

c: salida o adelanto del eje del molinete con respecto al órgano de corte.

De esta manera, de las expresiones 7, 10, 11 y 12, se aprecia que la eficiencia de la acción conjunta del molinete con el órgano de corte depende de las dimensiones del molinete (R_m y Z), así como de otros parámetros regulables, tales como: la salida del molinete (c) y el indicador del régimen cinemático (λ), que a su vez es función de la velocidad de avance de la máquina y de la velocidad de rotación del molinete.

El valor óptimo del coeficiente η es 1, ya que cuando $\eta < 1$ la totalidad de los tallos no es sostenida por el molinete durante el corte, mientras que para $\eta > 1$ se incrementa innecesariamente la frecuencia de golpeo.

Como ha podido apreciarse, el cumplimiento de los diferentes requisitos que garantizan un trabajo eficiente del molinete con el mínimo de pérdidas, depende de la selección adecuada de un número de parámetros, lo cual hace difícil una selección acertada de éstos, si no se efectúa sobre bases científicas. Para facilitar el cálculo y selección adecuada de estos parámetros, las diferentes expresiones que rigen el funcionamiento del molinete han sido programadas en soporte Mathcad por Martínez (2008), utilizándose este software en el desarrollo del presente trabajo, así como otras facilidades que han sido implementadas en hojas de cálculo Excel.

En la Figura 5 se muestra la dependencia de η y el indicador del régimen cinemático, para una salida $c=15$ cm, un radio del molinete $R_m=47$ cm y un número de aspas $Z=5$, correspondientes a la combinada Claas Crop Tiger-30 objeto de estudio.

De la Figura se aprecia que, para determinadas condiciones, existe un solo valor del indicador del régimen cinemático λ que satisfaga la condición $\eta = 1$.

Igualmente, para un valor dado de la velocidad tangencial de las aspas del molinete, reviste una gran importancia la selección de

of the output c of the reel is of great importance. It can be seen in Figure 6, where it is noticed that the speed of the machine (V_m) which guarantees an efficiency $\eta = 1$, must be selected taking into account the output c of the reel.

la velocidad de avance de la máquina y de la salida c del molinete, lo cual puede apreciarse en la Figura 6, donde se observa que la velocidad de avance de la máquina (V_m) que garantiza una eficiencia $\eta = 1$ debe seleccionarse teniendo en cuenta la salida c del molinete.

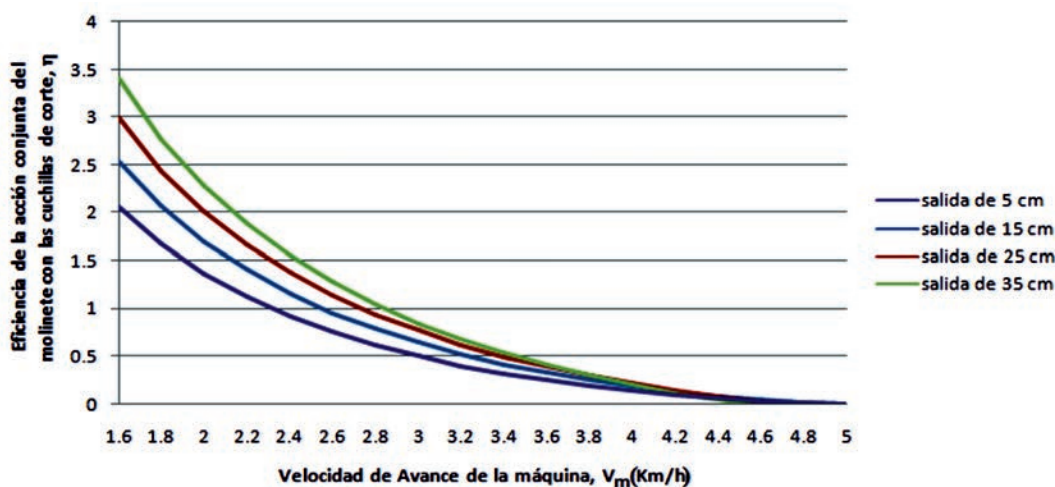


FIGURE 6. Influence of the Speed of Advance of the Machine and the Output of the Reel on the Efficiency Coefficient η for a Reel Radius $R_m = 47$ Cm, a Number of Blades $Z = 5$ and Reel Rotation Speed $\omega = 8$ rpm.

FIGURA 6. Influencia de la velocidad de avance de la máquina y de la salida del molinete sobre el coeficiente de eficiencia η para un radio del molinete $R_m = 47$ cm, un número de espas $Z=5$ y una velocidad de rotación del molinete de 28 rpm.

A smaller output of the reel facilitates the evacuation of the stems and spikes of the cutting bar and its delivery to the feeder auger. However, from Fig. 2.6, it is seen that in order to keep $\eta = 1$ with a small outlet, it would be necessary to reduce the speed of advance of the machine. It provokes a decrease in productivity (qr), which is directly proportional to that speed:

$$qr = \frac{V_m \cdot B \cdot 0.1 \cdot Q}{\beta \cdot 100}, \text{ kg / s} \tag{13}$$

Where:

- B: Working width of the cutting edge of the machine, cm;
- Q: Field yield, t (grains)/ha;
- β : Grain-straw composition.

$$\beta = \frac{\text{grain weight}}{\text{weight of total mass}}, \text{ g/g} \tag{14}$$

However, the reduction of the machine speed of advancement may be desirable from the point of view of increasing the strip of stems cut with the propeller action of the reel (Figure 7).

Una salida del molinete lo menor posible facilita la evacuación de los tallos y espigas de la barra de corte y su entrega al sinfín alimentador, sin embargo, de la Figura 6 se aprecia que para mantener $\eta = 1$ con una salida pequeña, sería necesario reducir la velocidad de avance de la máquina, lo cual incide en una disminución de la productividad (qr), que es directamente proporcional a dicha velocidad:

$$qr = \frac{V_m \cdot B \cdot 0.1 \cdot Q}{\beta \cdot 100}, \text{ kg / s} \tag{13}$$

and:

- B: ancho de trabajo del frente de corte de la máquina, cm;
- Q: rendimiento del campo, t (granos)/ha;
- β : composición grano-paja.

$$\beta = \frac{\text{grain weight}}{\text{weight of total mass}}, \text{ g/g} \tag{14}$$

Sin embargo, la reducción de la velocidad de avance de la máquina puede ser conveniente desde el punto de vista de incrementar la franja de tallos cortados con la acción de apoyo del molinete (Figura 7).



FIGURE 7. Influence of the Speed of Advance of the Machine on the Strip of Stems that are Cut with the Reel Support, for a Reel Radius $R_m = 47$ cm, a Number of Blades $Z = 5$, a Reel Rotation Speed $\omega = 8$ rpm and an Output of the Reel $c = 15$ cm.

FIGURA 7. Influencia de la velocidad de avance de la máquina sobre la franja de tallos que son cortados con el apoyo del molinete, para un radio del molinete $R_m = 47$ cm, un número de espas $Z=5$, una velocidad de rotación del molinete de 28 r.p.m y una salida del molinete $c = 15$ cm.

The output of the reel also influences the beat frequency of the spikes (blows/meter of machine advance) and to a lesser extent on the absolute speed of beating which can be seen in the graph of Figure 8. From the graph, it is deduced that, in this case, an outlet of 35 cm guarantees the maximum speed of advance and the minimum number of beats per meter. However, it is necessary to consider, that this distance can be excessive from the point of view of the evacuation of the spikes from the cutter bar.

The fulfillment of the different requirements presents a close interrelationship. For example, for certain geometrical and kinematic parameters of the reel and certain height of stems, there is a single value of the height of reel shaft installation that simultaneously satisfies the second and fifth requirements (Figure 9).

La salida del molinete también influye sobre la frecuencia de golpeo de las espigas (golpes/metro de avance de la máquina) y en menor medida sobre la velocidad absoluta de golpeo, lo que puede apreciarse en el gráfico de la Figura 8. Del gráfico se deduce que, en este caso, una salida de 35 cm garantiza la máxima velocidad de avance y el mínimo número de golpes por metro, sin embargo es necesario considerar que esa distancia puede resultar excesiva desde el punto de vista de la evacuación de las espigas de la barra de corte.

El cumplimiento de los diferentes requisitos presenta una interrelación estrecha, por ejemplo, para determinados parámetros geométricos y cinemáticos del molinete y determinada altura de los tallos, existe un solo valor de la altura de instalación del eje del molinete que satisfaga simultáneamente los requisitos segundo y quinto (Figura 9).

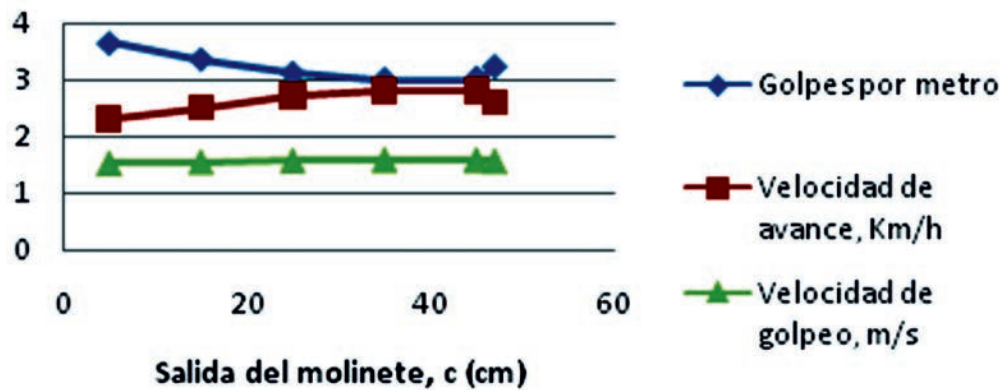


FIGURE 8. Influence of the Output of the Reel on the Machine Speed and the Speed and Frequency of Beating of the Spikes, for an Efficiency Coefficient $\eta = 1$, a reel radius $R_m = 47$ cm, a Number of Blades $Z = 5$ and Reel Rotation Speed $\omega = 28$ rpm.

FIGURA 8. Influencia de la salida del molinete sobre la velocidad de avance de la máquina y la velocidad y frecuencia de golpeo de las espigas, para un coeficiente de eficiencia $\eta = 1$, un radio del molinete $R_m = 47$ cm, un número de aspas $Z = 5$ y una velocidad de rotación del molinete de 28 r.p.m.

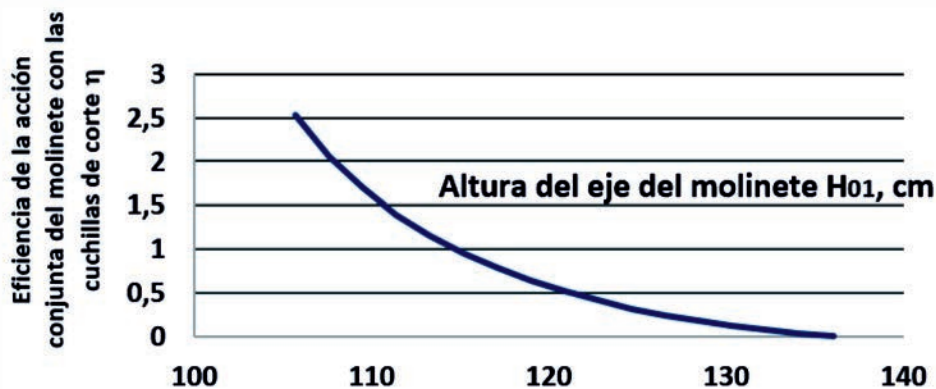


FIGURE 9. Influence of the Height of the Positioning of the Reel Shaft on the Efficiency of the Joint Action of the Reel with the Cutting Element, for a Reel Radius $R_m = 47$ cm, a Number of Blades $Z = 5$, a Rotational Speed ω of the Reel of 28 rpm and an Output of the Reel $c = 15$ cm.

FIGURA 9. Influencia de la altura de colocación del eje del molinete sobre la eficiencia de la acción conjunta del molinete con el órgano de corte, para un radio del molinete $R_m = 47$ cm, un número de aspas $Z = 5$, una velocidad de rotación del molinete de 28 r.p.m y una salida del molinete $c = 15$ cm.

As it can be seen from the above analysis, the influence of multiple interactions must be considered during the selection of reel control parameters, as well as that values variation of the different parameters can be positive in certain respects and detrimental in others. Therefore, it is necessary to make precise calculations based on the exposed geometric and kinematic relations.

Como puede apreciarse de los análisis anteriores, durante la selección de los parámetros de regulación del molinete es preciso considerar la influencia de múltiples interacciones, así como que la variación de los valores de los diferentes parámetros puede resultar positivo en determinados aspectos y perjudiciales en otros, por lo que se hace necesario efectuar cálculos precisos basados en las relaciones geométricas y cinemáticas expuestas.

METHODS

Experimental investigations were carried out during mechanized harvesting of “Reforma” variety rice under production conditions during the May-June 2015 harvest period on a plot of 2.65 ha with a yield of 6.94 t/ha. The harvested area is located in the town of Batey Nuevo, which belongs to the Agroindustrial Grain Company located in the town of Amarillas, Calimete Municipality, Matanzas Province. Harvesting was performed using a Claas Crop Tiger-30 harvester (Fig. 10) with a working width of 2.10 m.

In order to establish the conditions of the experiment, a set of construction, operation and regulation parameters of the reel used in production conditions were determined, as well as the main properties of the harvested crop, which are summarized in Table 1.

MÉTODOS

Las investigaciones experimentales fueron realizadas durante la cosecha mecanizada de arroz de la variedad “Reforma” en condiciones de producción durante el periodo de cosecha mayo-junio de 2015 en un lote de 2,65 ha con un rendimiento de 6,94 t/ha. El área cosechada está ubicada en el poblado de Batey Nuevo, el cual pertenece a la Empresa Agroindustrial de Granos situada en la localidad de Amarillas, municipio Calimete, provincia Matanzas. La cosecha se realizó empleando una cosechadora Claas Crop Tiger-30 (Figura 10) con un ancho de trabajo de 2,10 m.

Para establecer las condiciones de realización del experimento se determinó previamente un conjunto de parámetros constructivos, de operación y de regulación del molinete empleados en condiciones de producción, así como las principales propiedades del cultivo cosechado, las cuales se resumen en la Tabla 1.



FIGURE 10. Claas Crop Tiger-30 Harvester Used in the Experiments.
 FIGURA 10. Cosechadora Claas Crop Tiger-30 utilizada en los experimentos

TABLE 1. Experimental Performance Conditions
TABLA 1. Condiciones de realización del experimento

No	PARAMETER	UNITS	MAGNITUDE
1	Comb ne h rvester		Claas Crop Tiger-θ
2	Rail us of reel b ad s	cm	47
3	Numb r of reel b ad s	u	5
4	Work ng wid h	m	2.10
5	Feed ate	kn /h	2
6	r.p.m. Blad s reel	r.p.m.	28
7	Scooter outlet	cm	25
8	Installation h igh of th cutting b r	cm	θ
9	Mounting h igh of th reel sh ft	cm	65
10	Ratedn ach ne capacity	kg/ s	0.8
11	Varietyof h rvested rice		Reforma
12	Fieldy eld	grains ton/h	6.9
13	Population d nsity	stems/m ²	21
14	Composition grain-straw	grains kg/ mt kg	0.3
15	Lengthof stems	cm	0.53± 0.76

No	PARAMETER	UNITS	MAGNITUDE
16	Stems inclination		erect
17	Moisture of the grains	%	21
18	Allowable beat speed	m/s	1.50
19	Lot dimension	h	2,65
20	Slope and uniformity of the terrain		Plain. Laser leveling
21	Weeding degree		Clean
22	Soil type		Red Ferralítico Rojo

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 12 shows the trajectory of the end points of the reel blades obtained by Martínez (2008), during the run of the MOLINET program elaborated on the basis of the expressions presented in the theoretical basis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 12 se muestra la trayectoria de los puntos extremos de las aspas del molinete obtenida por Martínez (2008), durante la corrida del programa MOLINET, elaborado sobre la base de las expresiones expuestas en la fundamentación teórica.

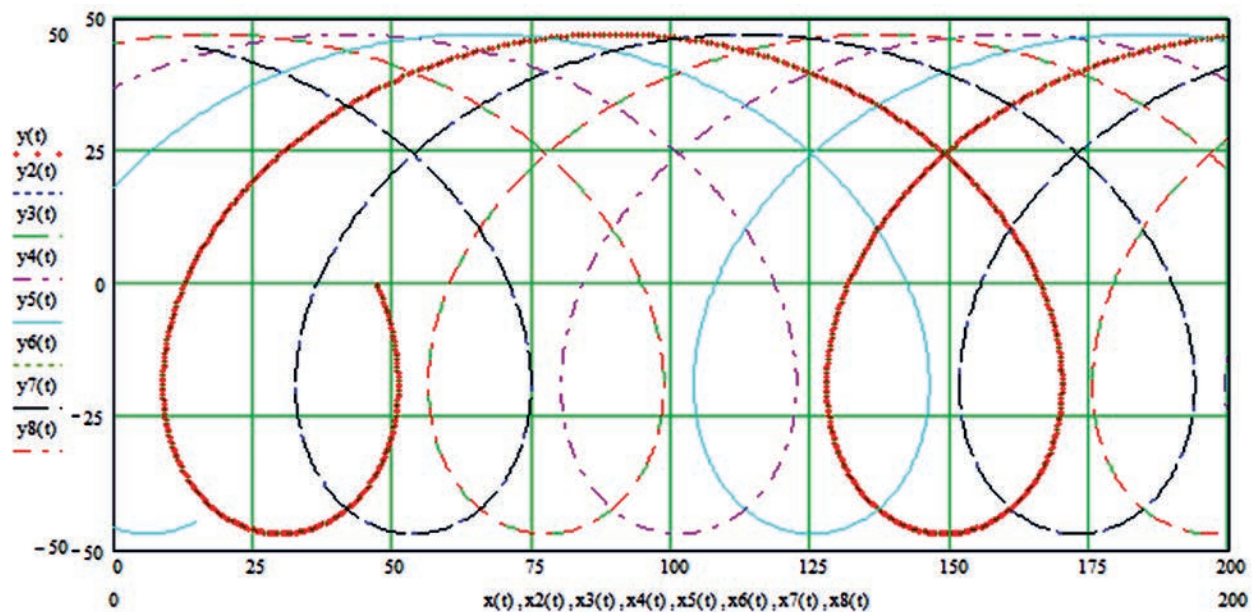


FIGURE 12. Trajectory of the End Points of the Reels Regulated under Production Conditions.
 FIGURA 12. Trayectoria de los puntos extremos de las aspas del molinete regulado en condiciones de producción.

Because of the calculations made taking as input data to the program the construction, operation and regulation parameters of the reel used in production conditions and the properties of the harvested crop, shown in Table 2, the following results were obtained:

Como resultado de los cálculos efectuados tomando como datos de entrada al programa los parámetros constructivos, de operación y de regulación del molinete empleados en condiciones de producción y de las propiedades del cultivo cosechado, expuestos en la Tabla 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLE 2. Output Parameters Calculated by “MOLINET” Program Based on the Regulation Parameters Used in Production Conditions

TABLA 2. Parámetros de salida calculados mediante el programa “MOLINET” sobre la base de los parámetros de regulación empleados en condiciones de producción

No.	OUTPUT PARAMETER	SYMBOL	UNIT	MAGNITUDE
1	Machine processing flow (.)	η	kg/ s of total mass	2.53
2	Grain flow per second	gr	grains/s	0.8
3	Tangential speed of the reel blades	V_t	m/s	1.38
4	Indicator of the kinematic system	l	Adimensional	2.48
5	Advance per turn	S_m	cm/turn	11905
6	Reel pass	S_z	cm	238

No.	OUTPUT PARAMETER	SYMBOL	UNIT	MAGNITUDE
7	Angle of the blading of the reel support	θ_{gr}	grad s	3.1
8	Width of the strip of stems that are cut under the propeller action of the reel	b	cm	3.48
9	Coefficient of interaction between stems	e	Adimensional	1.5
10	Width of the strip of equivalent stems that are cut under the propeller action of the reel	b	cm	47.9
11	Efficiency of joint action of the winch with the cutting blades	h	Adimensional	2.012
12	Absolute tip speed of spikes	V_{ab}	m/s	1.49
13	Beat frequency	N_g	hits/m	4.2
14	Angle of reel blade at the blading of contact with stems	f_a	grad s	237

A graphical representation of the trajectory of the reel and its interaction with the stems and the cutting organ, obtained under the production conditions, is shown in Figure 13.

Una representación gráfica a escala de la trayectoria del molinete y su interacción con los tallos y el órgano de corte, obtenida bajo las condiciones de producción, se muestra en la Figura 13.

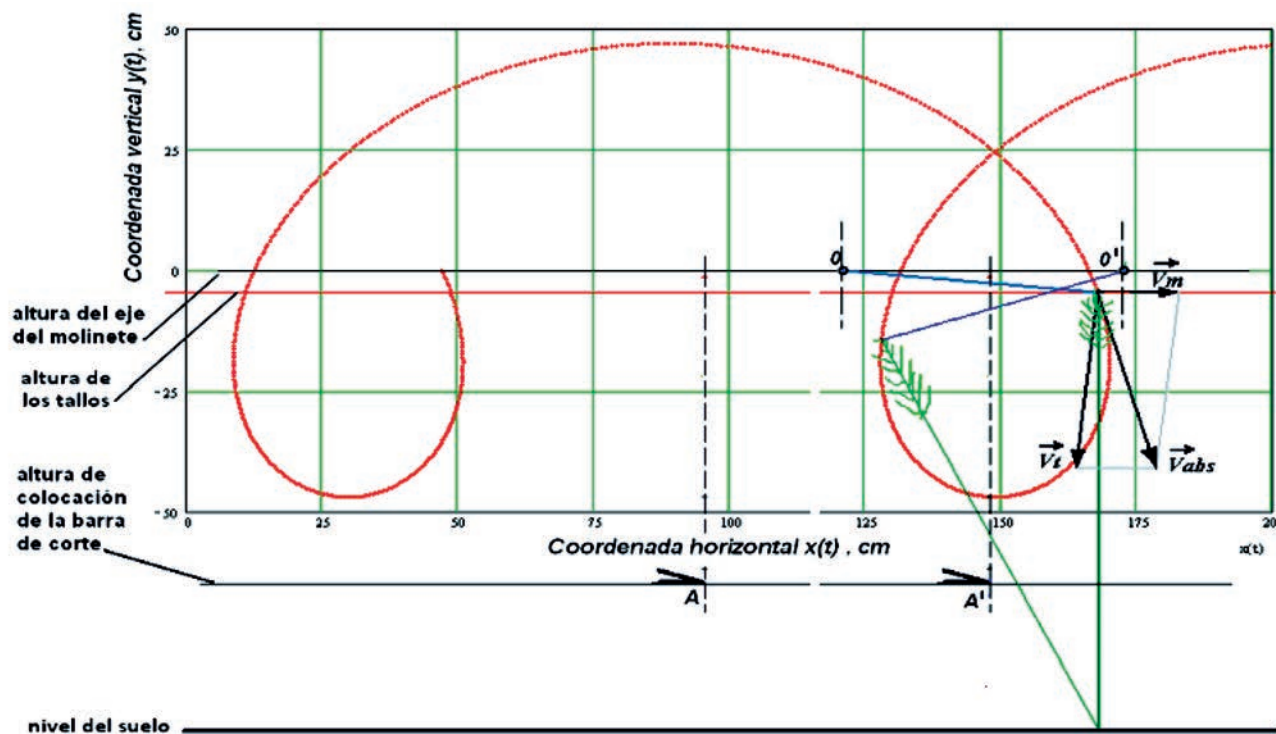


FIGURE 13. Trajectory of the End Points of the Reels of the Regulated Reel under Production Conditions and its Interaction with the Stems and the Cutting Organ.

FIGURA 13. Trayectoria de los puntos extremos de las aspas del molinete regulado en condiciones de producción y su interacción con los tallos y el órgano de corte.

In Figure 13 the vector diagram of velocities of the end point of the reel blades (a) is shown at the instant that impacts on the vegetable mass.

It can be seen that the first requirement is met since the kinematic regime indicator $\lambda > 1$, however; the second requirement is not fulfilled, because the direction of the absolute velocity, at the point of incidence of the reel with the vegetable mass, does not match the vertical.

En la Figura 13 se ha representado el diagrama vectorial de velocidades del punto extremo de las aspas del molinete (a) en el instante que incide en la masa vegetal.

Puede apreciarse que se cumple el primer requisito ya que el indicador del régimen cinemático $\lambda > 1$, sin embargo no se cumple el segundo requisito, debido a que la dirección de la velocidad absoluta, en el punto de incidencia del molinete con la masa vegetal, no coincide con la vertical.

It can also be seen from Table 2, that the efficiency coefficient of the reel, in its interaction with the cutting organ and the stems, reaches excessively high values ($\eta = 2.012 > 1$). In this case, the equivalent strip of stems that are cut under the propeller ($br = 47.9 \text{ cm}$) is practically double the reel pass ($Sz = 23.81 \text{ cm}$). It results in a high frequency of unnecessary beating ($Ng = 4.2 \text{ beats/m}$). That also conspires against compliance with the third requirement, despite the fact that the permissible beat velocity is not exceeded, since the absolute velocity at point a (1.38 m/s , Table 2) does not exceeds the allowable speed found (1.50 m/s , Table 1).

For the analysis of compliance with the fourth requirement, the installed height of the reel ($H_{01} = 95 \text{ cm}$, Table 1) is compared with the minimum allowable height ($H_{02} = 100.31 \pm 5.01 \text{ cm}$, Table 2), so that the end of the reel blades do not pass below the center of gravity of the cut stems. From the comparison it is obtained that $H_{01} < H_{02}$ (Figure 14), so that, in general, it is not guaranteed that the stems are properly directed towards the endless conveyor, with risks of increased losses occurring in this regard.

Asimismo se aprecia de la Tabla 2 que el coeficiente de eficiencia del molinete, en su interacción con el órgano de corte y los tallos, alcanza valores excesivamente altos ($\eta = 2,012 > 1$), incumpliendo el quinto requisito. En este caso, la franja equivalente de tallos que son cortados bajo el apoyo del molinete ($br = 47,9 \text{ cm}$) resulta prácticamente el doble del paso del molinete ($Sz = 23,81 \text{ cm}$), ocasionándose una alta frecuencia de golpeo innecesaria ($Ng = 4,2 \text{ golpes/m}$), lo que conspira además contra el cumplimiento del tercer requisito, a pesar de que no es superada la velocidad permisible de golpeo, ya que la velocidad absoluta en el punto a ($1,38 \text{ m/s}$, Tabla 2) no sobrepasa la velocidad permisible encontrada ($1,50 \text{ m/s}$, Tabla 1).

Para el análisis del cumplimiento del cuarto requisito se compara la altura instalada del molinete ($H_{01} = 95 \text{ cm}$, Tabla 1) con la altura mínima permisible ($H_{02} = 100,31 \pm 5,01 \text{ cm}$, Tabla 2) para que el extremo de las aspas del molinete no pasen por debajo del centro de gravedad de los tallos cortados. De la comparación se obtiene que $H_{01} < H_{02}$ (Figura 14), por lo que, de manera general, no se garantiza que los tallos sean dirigidos convenientemente hacia el transportador sinfín, corriéndose riesgos de incremento de las pérdidas por este concepto.

Hreal-H02

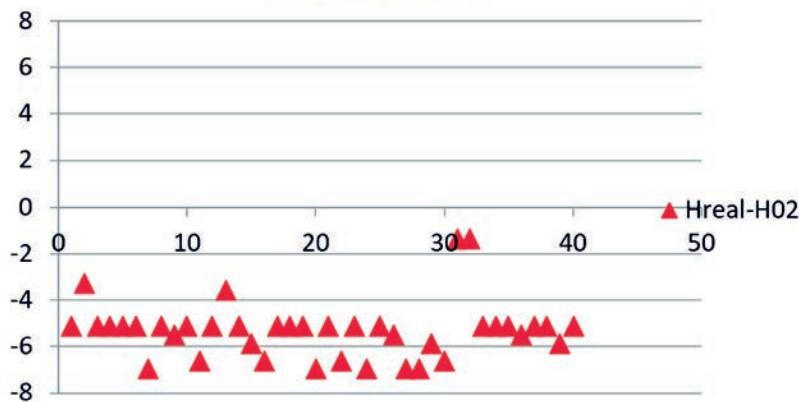


FIGURE 14. Position of the Reel Trajectory Lower Point in Relation to the Center of Gravity of the Cut Stems, Obtained under Production Conditions for a Sample of 40 Stems.

FIGURA 14. Posición del punto inferior de la trayectoria del molinete con relación al centro de gravedad de los tallos cortados, obtenido en condiciones de producción para una muestra de 40 tallos.

Regarding the reel output, the selection made under production conditions ($c = 25 \text{ cm}$) can be considered correct, which can be seen in Figure 8.

As it can be seen from these results, most of the requirements necessary for a proper functioning of the reel are not fulfilled under the regulations used in production conditions, so it is advisable to carry out the correction of the main parameters to guarantee a reduction of losses attributable to the action of the reel.

Proposal of Operation Parameters of the Machine and Regulation of the Reel that Allow Reducing Losses Attributable to the Reel Action

The run of “MOLINET” program, using as input variables the construction parameters and properties of the harvested variety, made it possible to adjust the geometrical and kine-

En cuanto a la salida del molinete, la selección efectuada en condiciones de producción ($c = 25 \text{ cm}$) puede considerarse correcta, lo cual se puede apreciar en la Figura 8.

Como puede apreciarse de estos resultados, la mayor parte de los requisitos exigidos para un buen funcionamiento del molinete, no se cumplen bajo las regulaciones empleadas en condiciones de producción, por lo que es conveniente efectuar la corrección de los principales parámetros con vistas a garantizar una reducción de las pérdidas achacables a la acción del molinete.

Propuesta de parámetros de operación de la máquina y de regulación del molinete que posibiliten disminuir las pérdidas achacables a la acción del molinete

La corrida del programa “MOLINET”, empleando como variables de entrada los parámetros constructivos y las propiedades de la variedad cosechada, posibilitó ajustar los parámetros geomé-

matic parameters of the reel, in order to satisfy the different requirements that guarantee a rational operation of this organ of work. The output parameters are summarized in Table 3, which presents the results obtained in five variants evaluated in the program and their comparison with the original results (column 5) derived from the regulations applied under production conditions. Note that only the output c of the reel (row 6) has been varied in the set of input parameters.

From Table 3 it can be seen that, in all the variants analyzed (except the original variant), a coefficient of efficiency of the joint action of the windlass with the cutter $\eta \approx 1$ (row 25) is obtained when similar values are obtained (Row 24), and the pass of the reel Sz (row 21), the beat frequency of the spikes Ng (row 27) being reduced by approximately one beat per meter of advance of the machine, without excessive lifting of the blade (1.52 to 1.58 m / s, row 26. Therefore, in all the variants evaluated, the fifth and third requirements set out in the theoretical basis of the calculation of the reel parameters are met.

tricos y cinemáticos del molinete, de tal manera de satisfacer los diferentes requisitos que garantizan una operación racional de este órgano de trabajo. Los parámetros de salida se resumen en la Tabla 3, donde se presentan los resultados obtenidos en cinco variantes evaluadas en el programa y su comparación con los resultados originales (columna 5) emanados de las regulaciones aplicadas en condiciones de producción. Nótese que en el conjunto de parámetros de entrada solo ha sido variada la salida c del molinete (fila 6).

De la Tabla 3 se aprecia que en todas las variantes analizadas (excepto la variante original) se obtiene un coeficiente de eficiencia de la acción conjunta del molinete con el órgano de corte $\eta \approx 1$ (fila 25), al lograrse valores similares de la franja de tallos br (fila 24) y el paso del molinete Sz (fila 21), reduciéndose la frecuencia de golpeo de las espigas Ng (fila 27) en aproximadamente un golpe por metro de avance de la máquina, sin elevarse excesivamente la velocidad absoluta de golpeo (entre 1,52 y 1,58 m/s, fila 26), por lo que en todas las variantes evaluadas se cumplen los requisitos quinto y tercero expuestos en la fundamentación teórica del cálculo de los parámetros del molinete.

TABLE 3. Results of the Determination of the Reel Parameters for the CLASS CROP-TIGER 30 Harvester during the Rice Harvest of “Reforma” Variety

TABLA 3. Resultados de la determinación de los parámetros del molinete correspondientes a la cosechadora Class Crop-Tiger 30 durante la cosecha de arroz de la variedad “Reforma”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	INPUT PARAMETERS	SYMBOL	UNITS	VALUE ORIG	EVAL. 1 VALUE	EVAL. 2 VALUE	EVAL. 3 VALUE	EVAL. 4 VALUE	EVAL. 5 VALUE
1	Radius of reel blades	Rm	cm	47	47	47	47	47	47
2	Number of reel blades	Z	u	5	5	5	5	5	5
3	Working width	B	m	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
4	Feed rate used in Production	Vr	kn /h	2	--	--	--	--	--
5	r.p.m. Blades reel	n	r.p.m.	28	28	28	28	28	28
6	Reel output	c	cm	25	5	15	25	5	45
7	Installation height cutting bar	Hins	cm	0	0	0	0	0	0
8	Field yield	Q	grains ton/h	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
9	Population density	p	stems/m ²	21	21	21	21	21	21
10	Permissible beat speed	Vper	m/s	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
11	Composition grain-straw	b	grains g/ mt g	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
12	Average length of stems	Ht	cm	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
13	Average position of the center of gravity of cut stems	Lcg	cm	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
14	Coefficient of interaction between stems	e	ad m.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	OUTPUT PARAMETERS	SYMBOL	UNITS	VALUE ORIG	EVAL. 1 VALUE	EVAL. 2 VALUE	EVAL. 3 VALUE	EVAL. 4 VALUE	EVAL. 5 VALUE
15	Tangential speed of the reel blades	Vt	m/s	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.	OUTPUT PARAMETERS	SYMBOL	UNITS	VALUE ORIG	EVAL. 1 VALUE	EVAL. 2 VALUE	EVAL. 3 VALUE	EVAL. 4 VALUE	EVAL. 5 VALUE
16	Indicator of the kinematic system	l	ad m.	2.48	2.15	1.9	1.8	1.77	1.8
17	Feed rate which guarantees $\eta=1$	Vm	m/s	---	2.3	2.5	2.7	2.8	2.75
18	Mach number processing flow	q	kg/ s total mass	2.53	2.9	3.6	3.2	3.4	3.8
19	Grain flow per second	gr	grains kg/ s	0.8	0.9	1.01	1.09	1.13	1.11
20	Forwarder turn	Sm	cm/ turn	119	13.9	14.8	160.7	166.7	163
21	Reel pass	Sz	cm	23	27.4	29	3.1	3	3.7
22	Angle of commencement of reel support	g_{gr}	grad s	3.1	6.1	1.8	3.1	4.8	7.2
23	Theoretical width of the strip of stems that are cut under the support action of the reel	b	cm	3.48	20.58	2.2	24.6	25.7	25.2
24	Width of the strip of equivalent stems that are cut under the action of the reel support	b	cm	47.9	27.8	3.3	2	3.7	3
25	Efficiency of joint action of the reel with the cutting blades	h	ad m.	2.01	1.01	1.05	1.03	1.04	1.03
26	Absolute beat speed of spikes	Vab	m/s	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.57
27	Beat frequency	Ng	stroke s/m	4.2	3.5	3	3.0	3.0	3.5
28	Angle of reel beat at the time of contact with stems	f_a	grad s	23	27.5	0.25	30	3.3	3.2
29	Minimum height for positioning the reel shaft	H ₀₂	cm	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3
30	Lifting height of the reel shaft	H ₀₁	cm	9	112	114	116	117	116

It is also important to note that all variants evaluated in turn satisfy the second requirement, ensuring that the absolute velocity at the point of commencement of the reel contact with the spikes is directed downwards and in the vertical direction. In Figure 15, a graphic sample of the fulfillment of this requirement is presented for the variant with the output of the reel $c = 15$ cm.

It is also ensured that the first requirement is complied with, in all variants evaluated, values of the kinematic regime indicator $\lambda > 1$, describing the reel a “closed” trajectory, fulfilling the function of approaching the stems to the organ of cut, hold them during the cut and direct them towards the auger.

For the analysis of compliance with the fourth requirement, the installed height of the reel in the different proposed variants (H₀₁ = 112-116 cm, Table 3, row 30) is compared with the minimum permissible height (H₀₂ = 100.31 ± 5.01 cm, Table

Resulta importante destacar, asimismo, que todas las variantes evaluadas satisfacen a su vez el requisito segundo, garantizando que la velocidad absoluta en el punto de inicio del contacto del molinete con las espigas esté dirigida hacia abajo y en la dirección vertical. En la Figura 15 se ofrece una muestra gráfica del cumplimiento de este requisito para la variante con salida del molinete $c = 15$ cm.

Asimismo se garantiza el cumplimiento del primer requisito, al obtenerse, en todas las variantes evaluadas, valores del indicador del régimen cinemático $\lambda > 1$, describiendo el molinete una trayectoria “cerrada”, cumpliendo la función de acercar los tallos al órgano de corte, sostenerlos durante el corte y dirigirlos hacia el sinfin.

Para el análisis del cumplimiento del cuarto requisito se compara la altura instalada del molinete en las diferentes variantes propuestas (H01 = 112-116 cm, Tabla 3, fila 30) con la altura mínima permisible (H02 = 100,31 ± 5,01 cm, Tabla 3, fila 29), obteniéndose

3, Row 29). In the case of the lower installation height variant ($H_{01} = 112$ cm), it is obtained that the end of the reel blade passes over the center of gravity of the cut stems (Figure 16).

que incluso en la variante de menor altura de instalación ($H_{01} = 112$ cm) se obtiene que el extremo de las aspas del molinete pasa por encima del centro de gravedad de los tallos cortados (Figura 16).

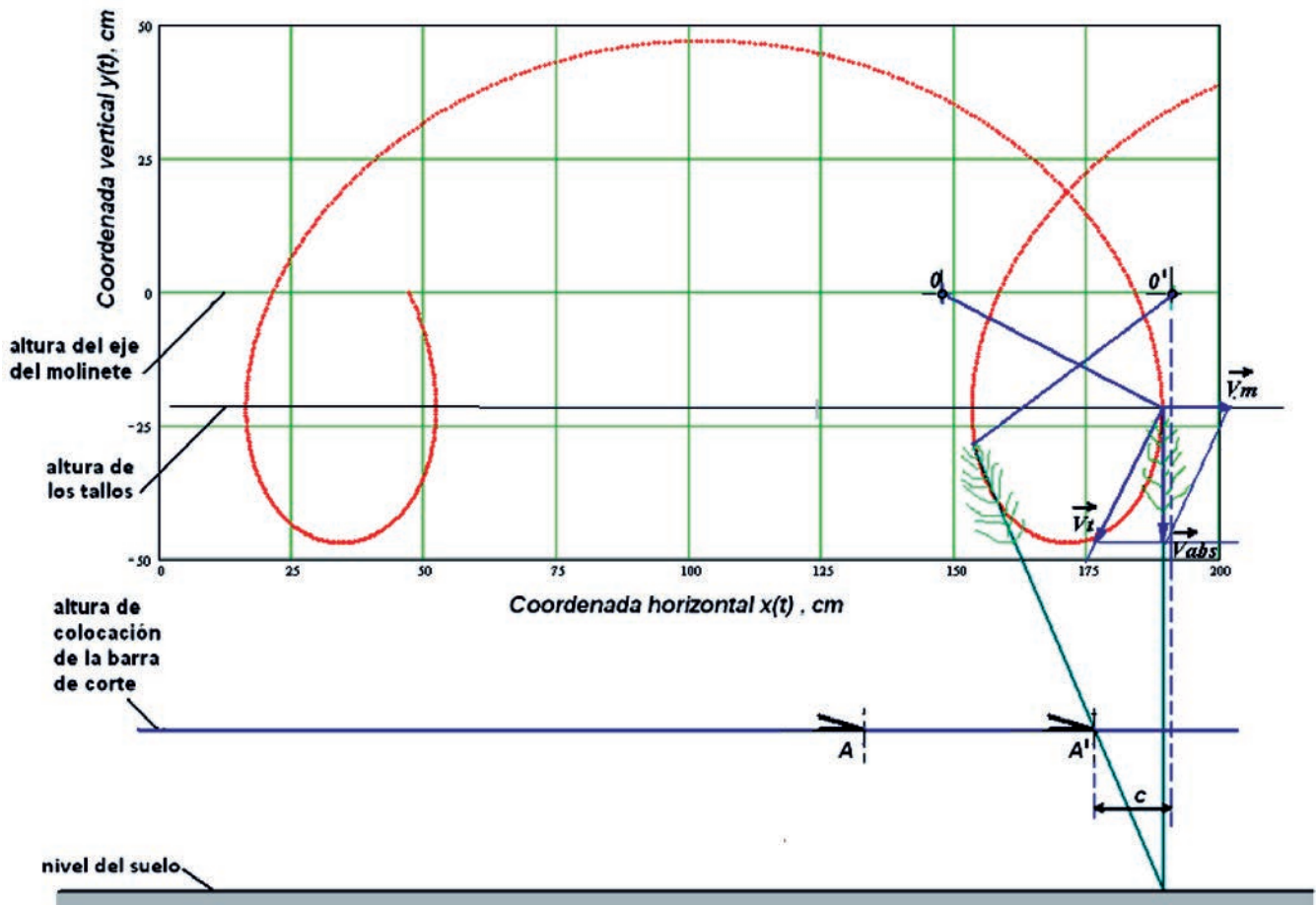


FIGURE 15. Trajectory of the End Points of the Reel Blades and Their Interaction with the Stems and the Cutting Organ, Corresponding to Regulation No. 2 According to Table 3.

FIGURA 15. Trayectoria de los puntos extremos de las aspas del molinete y su interacción con los tallos y el órgano de corte, correspondiente a la regulación No. 2 según la Tabla 3.

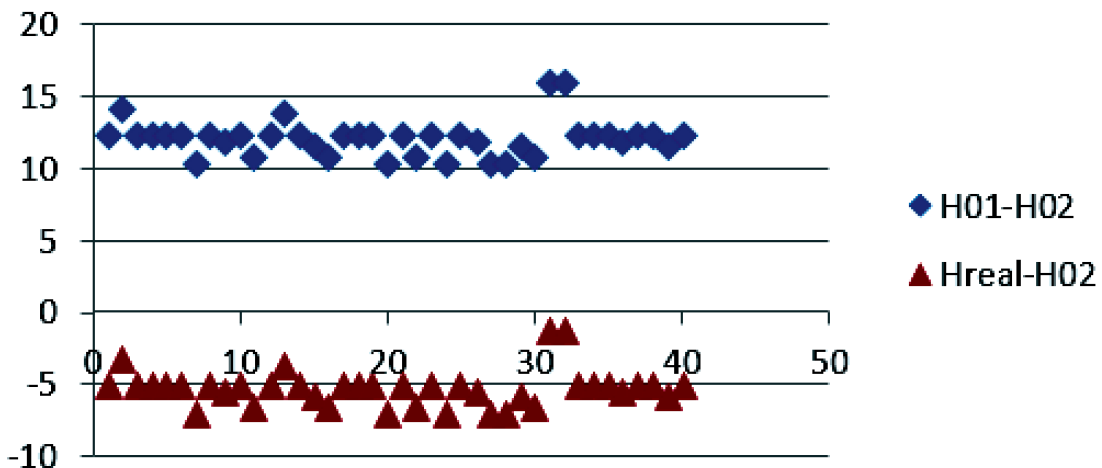


FIGURE 16. Position of the Lower Point of the Reel Trajectory Relative to the Center of Gravity of the Cut Stems for the Proposed Lower Version of the Reel Shaft (H_{01} - H_{02}), Compared to the Result Obtained under Production Conditions (H_{real} - H_{02}) for a Sample of 40 Stems.

FIGURA 16. Posición del punto inferior de la trayectoria del molinete con relación al centro de gravedad de los tallos cortados para la variante propuesta de menor altura del eje del molinete (H_{01} - H_{02}), comparado con el resultado obtenido en condiciones de producción (H_{real} - H_{02}) para una muestra de 40 tallos.

CONCLUSIONS

- As a result of the calculations made taking as input data to “MOLINET” program the construction, operation and regulation parameters of the reel used in production conditions and the properties of the harvested crop, it was determined that most of the requirements for a proper functioning of the reel, so it is advisable to carry out the correction of the main parameters to guaranteeing a reduction of losses attributable to the action of this organ of work;
- Four proposals for variants of correct regulation of the harvester reel under study (with different outputs with respect to the cutting bar) were prepared, which satisfy the five requirements that guarantee a correct operation of this work organ, as well as as a minimum losses. These variants contemplate the reduction of the indicator of the kinematic regime (between 2.15 and 1.80), which is achieved by increasing the speed of advance of the harvester between 2.30 and 2.75 m/s, as well as raising the height for positioning the reel shaft between 112 and 116 cm.

CONCLUSIONES

- Como resultado de los cálculos efectuados tomando como datos de entrada al programa “MOLINET” los parámetros constructivos, de operación y de regulación del molinete empleados en condiciones de producción y las propiedades del cultivo cosechado, se determinó que no se satisface la mayor parte de los requisitos exigidos para un buen funcionamiento del molinete, por lo que es conveniente efectuar la corrección de los principales parámetros con vistas a garantizar una reducción de las pérdidas achacables a la acción de este órgano de trabajo;
- Se elaboraron cuatro propuestas de variantes de regulación correcta del molinete de la cosechadora objeto de estudio (con diferentes salidas respecto a la barra de corte), las cuales satisfacen el cumplimiento de los cinco requisitos que garantizan un funcionamiento correcto de este órgano de trabajo, así como un mínimo de pérdidas. Esas variantes contemplan la disminución del indicador del régimen cinemático (entre 2,15 y 1,80), lo cual se logra aumentando la velocidad de avance de la cosechadora entre 2,30 y 2,75 m/s, así como elevando la altura de colocación del eje del molinete entre 112 y 116 cm.

REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, A.; MACHADO, A.L.T.; DOS REIS, R.L.T.; MACHADO, C.A.; TILLMANN, D.F.; TAESCHER, C.F.: “Harvest loss in the irrigated rice crop with the combine operating with two kinds of header”, En: *Brazilian Congress of Agricultural Engineering*, Ed. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola (SBEA), Brasil, p. 28, 1999.
- ANDREWS, S.B.; SIEBENMORGEN, T.J.; VORIES, E.D.; LOEWER, D.H.; MAUROMOUSTAKOS, A.: “Effects of Combine Operating Parameters on Harvest Loss and Quality in Rice”, *Transactions of the ASAE*, 36(6): 1599-1607, 1993, ISSN: 2151-0059, DOI: 10.13031/2013.28501.
- ARISTIZABAL, Q.J.; BAQUERO, P.J.E.; REY, V.V.E.; ACOSTA, N.: “El entorchamiento del arroz en suelos de los Llanos Orientales de Colombia”, *Revista Corpoica*, 23(3), 1999, ISSN: 0122-8706, 2500-5308, Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bits-tream/11348/6415/2/EI%20entorchamiento%20del%20arroz.pdf>, [Consulta: 18 de marzo de 2016].
- COMITÊ AGRICULTURA E PECUÁRIA: *Colhedora autopropelida de grãos - Determinação das características técnicas e de desempenho*, [en línea], no. NBR 9740, Inst. Target Engenharia e Consultoria Ltda., Brasil, p. 14, 1987, Disponible en: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/35179/nbr9740-colhedora-autopropelida-de-graos-determinacao-das-caracteristicas-tecnicas-e-de-desempenho>, [Consulta: 18 de marzo de 2016].
- DA SILVA, J.G.; FONSECA, J.R.; DE CONTO, A.J.: *Perdidas de Granos en Cosecha Mecanizada de Arroz*, Inst. EMBRAPA, Goiânia, Brasil, 1983.
- DE LA CALLE, V.P.: “Mantenimiento y regulación de la cosechadora de cereales”, *Vida rural*, (232): 35-37, 2006, ISSN: 1133-8938
- FERREIRA, D.B.; FERREIRA, O.O.; ALONCO, A.S.; BLEY, H.: *Grain Loss Monitoring During all Harvest Season (Gathering and Processing Losses), in the Irrigated Rice Crop, and its Results in Reduction Losses Due to Immediate Adjustments in the Combines*, [en línea], no. 011075, Inst. ASAE, Annual International Meeting, Sacramento, California, USA, 2001, Disponible en: http://confnews.um.ac.ir/images/41/conferences/8ncame/305_2.pdf, [Consulta: 6 de septiembre de 2016].
- GONZÁLEZ, T.A.: *Informe anual, Arroz*, Inst. Instituto de Investigaciones del Arroz, La Habana, Cuba, 2011.
- GROGG, P.: “Alimentación: Ayuda para mejorar producciones de arroz”, [en línea], En: *Inter Press Service*, 2005, Disponible en: <http://www.ipsnoticias.net/2005/05/alimentacion-ayuda-para-mejorar-producciones-de-arroz/>, [Consulta: 6 de septiembre de 2016].
- HIDALGO, R.; MIRON, M.; POZZOLO, O.; FERRARI, H.; CURRÓ, C.: *Análisis de diferentes aspectos relacionados con la Eficiencia en la Cosecha de Arroz*, [en línea], Inst. INTA, Informes Técnicos, Argen, 2001, Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/EficienciaCosechaDeArroz.asp>, [Consulta: 6 de septiembre de 2016].
- KLIONIN, N.I.: *Teoria Sielcojosiaistsviennix Machin*, Ed. MIR, Moscú, Rusia, 1970.
- MARTÍNEZ, A.: *MOLINET-2: Software para la determinación de parámetros adecuados de regulación del molinete en máquinas cosechadoras de cereales (Con Animación)*, no. Registro CENDA 2802, Inst. CENDA, La Habana, Cuba, 2008
- MARTÍNEZ, R.A.; PARA-GARCÍA, J.L.: *Teoría de Máquinas Cosechadoras*, Ed. Facultad de Tecnología, Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría, vol. 2, La Habana, Cuba, 1976.
- MATOS, R.N.; GARCÍA, C.E.; GONZÁLEZ, G.J.R.: “Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña Case-7 000”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4): 06-09, diciembre de 2010, ISSN: 2071-0054.
- MIRANDA-CABALLERO, A.; IGLESIAS-CORONEL, C.E.; RIVERO-FIGUEROA, R.; LUZARDO FALCÓN-CHIRINO: “Análisis de la calidad del arroz cosechado con las cosechadoras New Holland L520 e Ideal International 9075”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(3): 56-59, 2006, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.

MOREJÓN, Y.: *Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la teoría del servicio masivo en la empresa agroindustrial de granos "Los Palacios"*, Universidad Agraria de La Habana «Fructuoso Rodríguez», Tesis de Doctorado, Mayabeque, Cuba, 2015.

OCHOA, R.; VERDECIA, D.: "Novedades y tendencias actuales en la construcción de las cosechadoras de cereales a nivel mundial", *Natura*, 10: 63-69, 2002.

PLATERO, A.: *Determinación de pérdidas en la cosecha del arroz durante las zafas 1986/87 y 1987/88*, *Arrozal 33*, ser. Boletín de Divulgación, no. ser. 18, Ed. INIA, Uruguay, Comunicación Personal, 1992.

POLÓN-PÉREZ, R.; CASTRO-ÁLVAREZ, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.; MAQUEIRA-LÓPEZ, L.A.: "Práctica de diferentes alturas de corte en el rebrote y su influencia en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en una variedad de ciclo medio", *Cultivos Tropicales*, 33(4): 59-62, diciembre de 2012, ISSN: 0258-5936.

POZZOLO, O.; FERRARI, H.: "Resultados de las Evaluaciones de Pérdidas de Cosecha en Arroz en Concepción del Uruguay", [en línea], En: *PRECOP*, 2007, Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/ResultadosEvaluacionesPerdidasCosechaArrozConcepcion.asp>, [Consulta: 18 de marzo de 2016].

POZZOLO, O.; FERRARI, H.; HIDALGO, R.; MIRÓN, M.: "Control de pérdidas en cosecha de arroz", [en línea], En: *PRECOP*, 1998, Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/>, [Consulta: 18 de marzo de 2016].

SILVEIRA, R.J.A.: *Teoría y Cálculo de Máquinas Agrícolas*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 420 p., 1982, ISBN: 978-959-13-0228-1.

TURBIN, V.I.: *Teoria y Construksia SielcojosiaistviennixMachin*, Ed. Kolos, Moscú, Rusia, 1969.

Received: 25/01/2017.

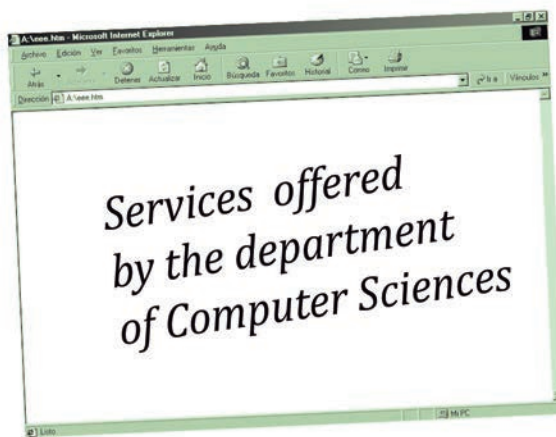
Approved: 11/09/2017.

Dayana Torres-Sotolongo, estudiante de maestría en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: arturo@unah.edu.cu

Arturo Martínez-Rodríguez, Correo electrónico: arturo@unah.edu.cu

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related o them, neither for the authors nor for the editor.

AGRARIAN UNIVERSITY OF HAVANA



DESIGN AND ASSEMBLY OF NETWORK PROJECTS
DESIGN AND ASSEMBLY OF EDUCATIONAL COMPUTER SCIENCES

Courses

- **Web Page Desing**
- **Programing Under Web Environment**
- **Programaming Under Windows Environment**
- **Geoggraphic Information System**
- **Multimedia Desing**
- **Educational Television**